

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и
инновациям НГТУ

кандидат технических наук

Артур Исаакович Отто



А.И. Отто

2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Новосибирский государственный технический университет»

Диссертация «Квантовая оптика искусственных атомов в гибридных твердотельных наноструктурах» выполнена на кафедре Прикладной и теоретической физики.

В период подготовки диссертации соискатель Чуйкин Олег Александрович обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 16.06.01 – «Физико-технические науки и технологии» (профиль: «Радиофизика»), на кафедре Прикладной и теоретической физики, нормативный период обучения с 01.09.2020 г. по 31.08.2024 г.

С 2020 года и по настоящее время Чуйкин О.А. работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» в лаборатории Нелинейной электродинамики наноструктур в настоящий момент в должности младшего научного сотрудника, а также с 2023 года и по настоящее время по совместительству работает на кафедре Прикладной и теоретической физики в настоящий момент на должности ассистента.

В 2020 году Чуйкин О. А. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 16.04.01 – «Техническая физика» (профиль: «Лазерные системы в науке и технике»), выдан диплом, присуждена степень «Магистр».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов 25/1 выдана в 2025 году Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Институт автоматики и электрометрии» Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН).

Научный руководитель – Гринберг Яков Симхонович, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра Прикладной и теоретической физики, должность главный научный сотрудник.

По итогам обсуждения принято следующее заключение (выписка из протокола заседания кафедры Прикладной и теоретической физики):

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертация соискателя посвящена исследованию квантовой оптики искусственных атомов в твердотельных наноструктурах. Как известно, искусственные атомы, или кубиты, являются центральным объектом в области квантовых вычислений – бурно развивающейся современной области науки и технологий, напрямую связанной с созданием квантового компьютера. По этой причине, исследование таких структур имеет важное фундаментальное и прикладное значение для современной науки и имеет высокую актуальность.

Целью работы является теоретическое исследование фотонного транспорта и динамики искусственных атомов, помещенных в одномерную геометрию наноструктур; разработка теоретических методов для описания задач спонтанного излучения и рассеяния фотонных полей на кубитных структурах; аналитическое и численное исследование решений данных задач и выявление новых физических эффектов и закономерностей.

В области волноводной квантовой электродинамики имеется ряд нерешенных **задач**, рассмотрение которых имеет важное фундаментальное и прикладное значение для области квантовой оптики, и соответствует цели работы:

1. Постановка задач и разработка теоретических методов для изучения процессов спонтанного излучения и рассеяния фотонных полей на кубитных цепочках в одномерной геометрии.

2. Решение сопутствующих задач для выбранных моделей в разных конфигурациях: нахождение общего решения для цепочки из N кубитов в аналитическом виде, и дальнейшая конкретизация этого решения для одного и двух кубитов как наиболее простых с точки зрения анализа случаев.

3. Аналитический и численный анализ полученных решений для поиска новых физических эффектов и закономерностей, а также отличий от известных результатов других моделей.

4. По возможности – разработка экспериментальных методов и практических приложений полученных в результате анализа данных.

2. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Соискателем внесен определяющий вклад в получение основных результатов диссертационной работы: он принимал активное участие в постановке задач, проводил аналитические расчеты и численное моделирование, принимал активное участие в обсуждении полученных результатов и в подготовке работ к печати.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Результаты, полученные аналитическим и численными методами, согласуются друг с другом, и не противоречат основным физическим принципам и имеющимся в литературе данным. Правильность выводов и согласованность полученных результатов неоднократно подтверждались при апробации работы.

4. Новизна, теоретическая и практическая значимость результатов проведенных исследований

Научная новизна диссертационной работы:

1. Найдены аналитические выражения для спектров спонтанного излучения и для скоростей распада системы из двух кубитов, помещенных в одномерный открытый волновод. Данные выражения носят максимально общий характер, и могут описывать любую начальную конфигурацию двух-кубитного состояния, если в начальный момент времени в волноводе нет фотонов.

2. Предложена оригинальная методика реконструкции произвольного запутанного состояния двух-кубитной системы с помощью измерения ряда спектральных характеристик и параметров кубитной системы.

3. Получено общее решение нестационарной задачи рассеяния однофотонного импульса на кубитной цепочке с использованием только физической (положительной) оси частот, что позволяет анализировать случаи для более коротких расстояний как между кубитами, так и между начальным положением фотонного импульса и кубитной цепочки. Найден ряд серьезных

отличий между полученным результатом и ранее известными моделями рассеяния.

4. Решена задача о рассеянии однофотонного импульса на возбужденном кубите. Показаны отличия такого рассеяния от рассеяния на кубите в основном состоянии, что может использоваться для построения методики определения состояния кубита в открытом волноводе. Продемонстрированы явные признаки эффекта индуцированного излучения и пространственной группировки фотонов при достаточной близости падающего импульса к возбужденному кубиту.

Теоретическая значимость результатов заключается в аналитических формулах для спектров, описывающих кубитную цепочку, связанную с одномерным волноводом в разных конфигурациях начальных состояний.

Практическая значимость результатов заключается в описании эффектов фотонного транспорта, которые могут быть использованы при проведении экспериментов с сверхпроводящими кубитами.

5. Ценность научных работ соискателя

1. Результаты выполненного исследования могут использоваться при анализе спонтанного излучения для цепочки кубитов в одномерном волноводе, и изучения появляющихся в таких системах эффектов сверх- и суб-излучения, что имеет важное значение в области микроволновой фотоники.

2. На основе полученных формул для спектров системы двух кубитов разработана методика реконструирования запутанного состояния, позволяющая определить его амплитуды вероятности и фазу, что важно для области квантовых вычислений.

3. Оригинальные научные результаты, полученные в ходе анализа рассеяния однофотонного импульса на кубитной цепочке могут быть использованы для решения задач фотонного транспорта в твердотельных наноструктурах, и в перспективе применяться для задач передачи квантовой информации и при проектировании квантовых технологий.

4. Описанный в работе эффект индуцированного излучения может использоваться для описания и проектирования различных микроволновых фотонных устройств, а также применяться для задач квантовой коммуникации и квантовой теории информации.

6. Научная специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Чуйкина Олега Александровича «Квантовая оптика искусственных атомов в гибридных твердотельных наноструктурах» соответствует паспорту научной специальности 1.3.6 – «Оптика» (физико-

математические науки), а именно направлениям исследования паспорта научной специальности:

- 1) пункту 6: Оптические исследования фундаментальных свойств материи. Исследования квантовой природы света. Спонтанные и вынужденные процессы. Статистика фотонов. Оптические методы передачи и обработки информации, физические основы квантовых вычислений.
- 2) пункту 13: Развитие физических основ квантовой и нелинейной оптики и спектроскопии. Самовоздействие света в среде.
- 3) пункту 15: Оптика и спектроскопия сложных атомно-молекулярных систем, наноструктур, мезоскопических систем, метаструктур и наноматериалов.

7. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Соискатель имеет всего 13 опубликованных работ. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 13 научных работах, из них статей, опубликованных согласно перечню российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК РФ) – 1, а также в изданиях, приравненных к перечню ВАК, т.е. индексируемых базами данных Scopus и/или Web of Science – 3.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены:

В статьях, опубликованных в **рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ**:

1. Затухание вакуумных Раби осцилляций в двухкубитной структуре в высокочастотном резонаторе / О. А. Чуйкин, Я. С. Гринберг, А. А. Штыгашев // Физика Твёрдого тела. – 2020. – Т. 62, вып. 9, С. 1408–1415.

В статьях, опубликованных в **рецензируемых научных изданиях приравненных к перечню ВАК** (индексируемых базами данных Scopus и/или Web of Science):

2. Superradiant emission spectra of a two-qubit system in circuit quantum electrodynamics / Ya. S. Greenberg, O. A. Chuikin // European Physical Journal B – 2022. – Vol. 95. – Art. 151.

3. Dynamical theory of single-photon transport through a qubit chain coupled to a one-dimensional nanophotonic waveguide / Ya. S. Greenberg, O.

A. Chuikin, A. A. Shtygashev, A. G. Moiseev // Physica Scripta – 2024. – Vol. 99. – Art. 095119.

4. *Single-photon stimulated emission in waveguide quantum electrodynamics / O. A. Chuikin, Ya. S. Greenberg, A. A. Shtygashev, A. G. Moiseev // European Physical Journal B – 2024. – Vol. 97. – Art. 159.*

Другие публикации (материалы конференций):

5. *Вакуумные Раби осцилляции в двухкубитной структуре / О. А. Чуйкин, Я. С. Гринберг, А. А. Штыгашев // Нанофизика и Нанoeлектроника : Труды XXIV международного симпозиума, Нижний Новгород, 10–13 марта 2020 г. В 2 т. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2020. – Том 1. – С. 134-135.*

6. *Спонтанный распад индивидуальных атомов в многокубитной системе / О. А. Чуйкин, Я. С. Гринберг // Нанофизика и Нанoeлектроника : Труды XXV международного симпозиума, Нижний Новгород, 9–12 марта 2021 г. В 2 т. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2021. – Том 1. – С. 42-43.*

7. *Расчет корреляционных спектров при излучении кубитов в открытом волноводе / О. А. Чуйкин, Я. С. Гринберг // Нанофизика и Нанoeлектроника : Труды XXVI международного симпозиума, Нижний Новгород, 14–17 марта 2022 г. В 2 т. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2022. – Том 1. – С. 157-158.*

8. *Реконструкция запутанного состояния двух кубитов с помощью измерения спектра излучения / О. А. Чуйкин, Я. С. Гринберг // Нанофизика и Нанoeлектроника : Труды XXVII международного симпозиума, Нижний Новгород, 13–16 марта 2023 г. В 2 т. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2023. – Том 1. – С. 125-126.*

9. *Динамическая теория рассеяния гауссова однофотонного импульса на кубитной цепочке / Я. С. Гринберг, О. А. Чуйкин, А. А. Штыгашев, А. Г. Моисеев // 17 всероссийская научная конференция “Физика ультрахолодных атомов” (ФУХА-2023) : тезисы докладов, Новосибирск, 18-20 декабря 2023 г. С. 58.*

10. *Динамическая теория однофотонного транспорта в одномерном волноводе / Я. С. Гринберг, О. А. Чуйкин, А. А. Штыгашев, А. Г. Моисеев // Нанофизика и Нанoeлектроника : Труды XXVIII международного симпозиума, Нижний Новгород, 11–15 марта 2024 г. В 2 т. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2024. – Том 1. – С. 38-39.*

11. Однофотонное индуцированное излучение в системе кубит-волновод / О. А. Чуйкин, Я. С. Гринберг, А. А. Штыгашев, А. Г. Моисеев // 18 всероссийская научная конференция “Физика ультрахолодных атомов” (ФУХА-2024) : тезисы докладов, Новосибирск, 16-18 декабря 2024 г., С. 53.

12. Квантовые корреляции фотонных амплитуд в одномерной квантовой электродинамике / Я. С. Гринберг, О. А. Чуйкин, А. Г. Моисеев, А. А. Штыгашев // 18 всероссийская научная конференция “Физика ультрахолодных атомов” (ФУХА-2024) : тезисы докладов, Новосибирск, 16-18 декабря 2024 г., С. 3.

13. Квантовые корреляции фотонных полей в квантовой электродинамике одномерных волноводных структур / Я. С. Гринберг, О. А. Чуйкин, А. А. Штыгашев, А. Г. Моисеев // Нанопфизика и Нанозлектроника : Труды XXIX международного симпозиума, Нижний Новгород, 10–14 марта 2025 г. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2025. – С. 34.

Результаты диссертационных исследований **докладывались на научных конференциях, форумах:**

- XXV международный симпозиум “Нанопфизика и Нанозлектроника” (Нижний Новгород, 9–12 марта 2021);
- 15-ая всероссийская научная конференция с международным участием “Физика ультрахолодных атомов – 2021” (Новосибирск, 20-22 декабря 2021);
- XXVI международный симпозиум “Нанопфизика и Нанозлектроника” (Нижний Новгород, 14–17 марта 2022 г.);
- XXVII международный симпозиум “Нанопфизика и Нанозлектроника” (Нижний Новгород, 13–16 марта 2023);
- 17-ая всероссийская научная конференция с международным участием “Физика ультрахолодных атомов – 2023” (Новосибирск, 18-20 декабря 2023);
- XXVIII международный симпозиум “Нанопфизика и Нанозлектроника” (Нижний Новгород, 11–15 марта 2024);
- 18-ая всероссийская научная конференция с международным участием “Физика ультрахолодных атомов – 2024” (Новосибирск, 16-18 декабря 2024);
- XXIX международный симпозиум “Нанопфизика и Нанозлектроника” (Нижний Новгород, 10–14 марта 2025);

Личный вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 60%. Он состоит: в постановке задач, проведении аналитических и численных расчетов, проверке итоговых результатов с

физической и математической точек зрения, подготовки текста и рисунков для публикуемых работ.

8. Общее заключение

Диссертация соответствует требованиям, установленным в пп. 9 - 14 Положения «О присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и является законченной научно-квалификационной работой.


Диссертация «Квантовая оптика искусственных атомов в гибридных твердотельных наноструктурах» Чуйкина Олега Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. – «Оптика».

Заключение принято на заседании кафедры Прикладной и теоретической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».


Присутствовало на заседании 14 человек, в том числе 1 доктор наук, 7 кандидатов наук.

Результаты голосования: «за» - 14 чел., «против» - 0 чел., «воздержались» - 0 чел., протокол заседания кафедры Прикладной и теоретической физики 7/25 от 29.08. 2025 г.

Председатель заседания кафедры Прикладной и теоретической физики:
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой Прикладной и теоретической физики


Спутай Сергей Владимирович

Секретарь заседания кафедры Прикладной и теоретической физики:
Старший преподаватель,
ученый секретарь кафедры Прикладной и теоретической физики


Жилкина Светлана Павловна

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Начальник отдела кадров
ФГБОУ ВО НГТУ



Михомоб С.В.